

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-26428

(43)公開日 平成10年(1998) 1月27日

(51)Int.Cl.⁶
F 2 5 B 9/02

識別記号 庁内整理番号

F I
F 2 5 B 9/02

技術表示箇所

J

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平8-181805

(22)出願日 平成 8 年(1996) 7 月11日

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西 2 丁目 4 番12号

梅田センタービル

(72)発明者 山口 達也

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業
株式会社堺製作所金岡工場内

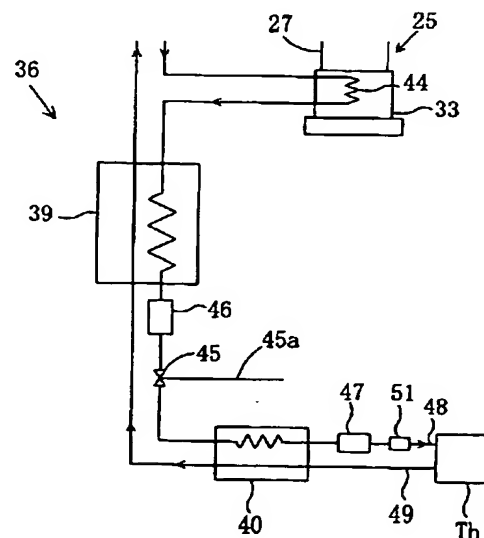
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 極低温冷凍機

(57)【要約】

【課題】 高圧のヘリウムガスを前後2段階に膨張させて4 Kレベルの寒冷を発生させるヘリウム冷凍機に対し、その運転開始時からクールダウン状態までの時間を短縮し、かつ極低温部への常温部からの熱侵入を低減させて冷凍機の冷凍能力を良好に確保する。

【解決手段】 膨張前後のヘリウムガス同士を熱交換する2つのJT熱交換器39、40の間に常温部から開度調整可能なJT弁45を直列に接続し、下流側JT熱交換器40の下流側に可動オリフィス51を直列に接続する。この可動オリフィス51は、高圧側に接続されるガス入口54及び低圧側に接続されるガス出口55を有するハウジング52と、ガス入口54を開閉するように移動し、オリフィス孔58を有するオリフィス本体57と、オリフィス本体57をガス入口54が閉じられる方向に移動付勢するばね64とを備え、入出口側間のヘリウムガス圧の差によりヘリウムガス流量を変化させるものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高圧の冷媒ガスを絞り部により少なくとも前後2段階に膨張させて極低温レベルの寒冷を発生させるようにした極低温冷凍機において、
上記前段目の絞り部は、常温部から開度調整可能なJT弁(45)で構成され、
上記後段目の絞り部は、入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差により冷媒ガス流量を変化させる可動オリフィス(51)で構成されていることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項2】 請求項1記載の極低温冷凍機において、
膨張前後の冷媒ガス同士を熱交換する2つのJT熱交換器(39)、(40)が直列に接続されており、
JT弁(45)は上記2つのJT熱交換器(39)、(40)の間に直列に接続されている一方、
可動オリフィス(51)は、上記下流側JT熱交換器(40)の下流側に直列に接続されていることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項3】 請求項1記載の極低温冷凍機において、
JT弁(45)は、膨張前後の冷媒ガス同士を熱交換する1つのJT熱交換器(39)の内部に直列に接続され、
可動オリフィス(51)は、上記JT熱交換器(39)の下流側に直列に接続されていることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の極低温冷凍機において、
可動オリフィス(51)は、高圧側配管(50)に接続されるガス入口(54)及び低圧側配管(48)に接続されるガス出口(55)を有するハウジング(52)と、
上記ハウジング(52)のガス入口(54)を開閉するように移動可能に設けられ、オリフィス孔(58)を有するオリフィス本体(57)と、
上記オリフィス本体(57)をガス入口(54)が閉じられる方向に移動付勢するばね(64)とを備えてなることを特徴とする極低温冷凍機。

【請求項5】 請求項4記載の極低温冷凍機において、
オリフィス本体(57)によるガス入口(54)の開度調整が可能となるようにばね(64)の付勢力を変更するばね力調整手段(63)を設けたことを特徴とする極低温冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高圧の冷媒ガスを断熱膨張させて極低温レベルの寒冷を発生させる極低温冷凍機に関し、特に、冷媒回路に少なくとも2つの絞り部を直列に配置して複数段階の膨張を行わせるようにしたものの技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の極低温冷凍機として、特開平6-323661号や特開平6-323662号の各公報に示されるように、JT弁を有するJT回路において、その冷媒ガスとしてのヘリウムガスの膨張を2段階で行わせるようにした2段階膨張方式の極低温冷凍機は知られている。

【0003】 図5は通常の1段階膨張方式の回路構成の要部を例示し、(39)はJT熱交換器で、その1次側は、予冷冷凍機(25)のヒートステーション(33)で冷却される予冷器(44)及び他のJT熱交換器(図示せず)を介して図外の圧縮機の吐出側に接続されており、このJT熱交換器(39)において、圧縮機で圧縮されて吐出された後に他のJT熱交換器並びに予冷冷凍機(25)により予冷された高圧ヘリウムガスを膨張後の低圧ヘリウムガスと熱交換して冷却する。また、このJT熱交換器(39)の1次側は液体ヘリウムを貯溜する液体ヘリウムタンク(Th)(4K冷却部)に絞り(45)(JT弁)を介して接続されている。この液体ヘリウムタンク(Th)で液体ヘリウムから蒸発した低圧ヘリウムガスは、上記JT熱交換器(39)及び他のJT熱交換器の各2次側に戻って高圧のヘリウムガスを冷却した後、元の圧縮機の吸入側に戻るようになっている。そして、熱交換器等での圧力損失を無視した理想の場合、図7に示すヘリウムのP-h線図(圧力-エンタルピー線図)において、ヘリウムの状態は点(h1)から順に点(h2)、(h3)、…、(h5)を経た後に点(h1)に戻る。すなわち、点(h1)から点(h2)に移行する間にJT熱交換器(39)を通して温度が下がる。点(h2)から点(h3)に移る間に絞り(45)(JT弁)によりJT膨張してヘリウムガスの一部が液化し、尚、JT膨張では、等エンタルピー変化で圧力が下がるので、線図では下側に向かって真直ぐに変化する)、その際、ヘリウム流量 $\times (h4-h3)$ がヘリウムの蒸発潜熱による冷凍能力となる。尚、上記線図の各点(h1)～(h5)となるヘリウムの状態を図5の各位置に対応して示している。

【0004】 一方、図6は2段階膨張方式の回路構成の要部を示し(図5と同じ部分については同じ符号を付して説明する)、上記図5に示す1段階膨張方式の回路構成に対し、そのJT熱交換器(39)と液体ヘリウムタンク(Th)との間に今1つのJT熱交換器(40)と絞り(45')とを直列に接続したものである(或いは1段階膨張方式の回路構成において、予冷冷凍機(25)のヒートステーション(33)にある予冷器(44)とJT熱交換器(40)との間に今1つのJT熱交換器(39)と絞り(45)とを直列に接続したものと考えてもよい)。そして、図7に示すヘリウムのP-h線図において、点(h1')から点(h6)に移る間にJT熱交換器(39)を通ることで温度が低下し、その後、最初の絞り(45)で点(h6)から点(h7)に膨張して

圧力が下がる。さらに、点(h7)から点(h2')に移行する間に温度が下がった後、2つ目の絞り(45')で点(h2')から点(h3')に膨張する。そして、このように2段階で膨張させることで、点(h3')が1段膨張方式における点(h3)よりも図7の左側に移動し、冷凍能力(=ヘリウム流量×(h4-h3'))を上げることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記従来のような2段膨張方式の極低温冷凍機では、以下に示す問題があった。すなわち、一般に、微妙なヘリウム流量を調整するために、常温から操作ロッドにより開度調整を行うことができるJT弁を絞りとして使用する必要があるが、その反面、ヘリウムが液化する直前の絞りとしてのJT弁は、その操作ロッドにより常温部と直接に接続されているので、その常温部からの熱侵入の原因となり、冷凍能力の低下を招くという問題がある。このことから、上記2段膨張方式のJT回路において、2つの絞り(45)、(45')を共に、常温部から操作可能なJT弁とすることは、その分、熱侵入の虞れが大きくなって好ましくない。

【0006】そこで、上記従来例のように、2つの絞り(45)、(45')のうちの一方をJT弁とし、他方を固定オリフィスとしてもよいが、その場合、固定オリフィスがJT回路内に接続されるので、冷凍機の運転開始からクールダウンまでの時間がかかる。つまり、通常は、冷凍機の運転開始の初期段階でヘリウム流量を稼ぐためにJT弁を全開状態にしておき、クールダウン後にJT弁の開度を適正開度に変えてヘリウム流量を調整するようにしているが、固定オリフィスがJT回路内にあると、その固定オリフィスにヘリウム流量が制限されるので、JT弁を全開にしても効果がなく、ヘリウムガス流量を大流量に保つことができず、その結果、クールダウンまでの時間がかかる。

【0007】また、製造時に固定オリフィス上流側に埃やフラックス等のコンタミネーションが入ると、その除去を容易に行い得ず、固定オリフィスが詰まる虞れがある。

【0008】一方、2つの絞り(45)、(45')を共に固定オリフィスとすると、極低温部を常温部と完全に隔離でき、熱侵入の虞れがなくて有利であるが、反面、ヘリウム流量を調整できないので、現実的な解決策とはならない。しかも、上記のようにクールダウンまでの時間がかかることやコンタミネーションを除去できないという問題は依然として残る。

【0009】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上記のように冷媒ガスを複数段に膨張させる極低温冷凍機に対し、その絞り部を適正なものとするすることで、冷凍機の運転開始時からクールダウン状態までの時間を短縮するとともに、極低

温部への常温部からの熱侵入を低減させて冷凍能力を良好に確保するようにすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明では、前段目の絞り部に常温部から操作可能なJT弁を使用し、後段目の絞り部は冷媒ガス圧の変化により冷媒ガス流量が変わる可動オリフィスを使用するようにした。

【0011】具体的には、請求項1の発明では、図1又は図4に示すように、高圧の冷媒ガスを絞り部により少なくとも前後2段階に膨張させて極低温レベルの寒冷を発生させるようにした極低温冷凍機において、上記前段目の絞り部は、常温部から開度調整可能なJT弁(45)で構成され、後段目の絞り部は、入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差により冷媒ガス流量を変化させる可動オリフィス(51)で構成されていることを特徴とする。

【0012】上記の構成により、前段目の絞り部での冷媒ガス温度は後段目の絞り部よりも高く、この前段目の絞り部に常温部から開度調整可能なJT弁(45)が用いられているので、極低温部に対する常温部からの熱侵入を良好に低減することができる。

【0013】また、極低温冷凍機の運転開始時に前段目の絞り部としてのJT弁(45)の開度を全開状態にすると、後段目の絞り部としての可動オリフィス(51)において入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差が大きくなるので、その可動オリフィス(51)の開度が大きくなる。これらの結果、冷媒ガスの流量が増加してクールダウンまでの時間を短縮することができる。

【0014】そして、この冷凍機がクールダウン状態になると、上記JT弁(45)の開度を小さくすればよい。このことで、可動オリフィス(51)における入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差が小さくなるので、その可動オリフィス(51)の開度がJT弁(45)の開度に対応した小さな開度となる。

【0015】また、絞りはJT弁(45)及び可動オリフィス(51)で構成されているので、製造時に埃等のコンタミネーションが混入していても、可動オリフィス(51)についてはその入口側に高圧の冷媒ガスを作用させることで、そのコンタミネーションを容易に除去でき、コンタミネーションによる絞り部の詰まりを防止することができる。

【0016】請求項2の発明では、上記請求項1の発明の極低温冷凍機において、図1に示す如く、膨張前後の冷媒ガス同士を熱交換する2つのJT熱交換器(39)、(40)が直列に接続されている回路構成に対し、JT弁(45)は上記2つのJT熱交換器(39)、(40)の間に直列に接続されている一方、可動オリフィス(51)は、上記下流側JT熱交換器(40)の下流側に直列に接続されているものとする。

(16)の吸入側でのヘリウムガス圧が設定圧以下に低下したときにそれをパイロット圧として自動的に開くもので、この低圧制御弁(LPR)の開弁に伴い、バッファタンク(Tb)内のヘリウムガスがヘリウムガス供給配管(21)を介して高段圧縮機(16)の吸込み側(JT回路)に供給される。

【0027】これに対し、上記冷凍機ユニット(24)はクライオスタット(C)を有し、このクライオスタット(C)内部に、超電導磁石等の冷却対象物(図示せず)を冷却するための4Kレベルの液体ヘリウムを貯溜する液体ヘリウムタンク(Th)が外部から熱シールドされた状態で収容されている。

【0028】上記冷凍機ユニット(24)は予冷冷凍機(25)及びJT冷凍機(36)を備えてなる。予冷冷凍機(25)は、上記GM冷凍機用圧縮機ユニット(1)の低圧ガス吸入口(2)及び高圧ガス吐出口(3)に閉回路に接続されている。この予冷冷凍機(25)は、JT冷凍機(36)におけるヘリウムガスを予冷するためにヘリウムガスを圧縮及び膨張させるもので、ディスプレーサ(図示せず)に対するヘリウムガス圧により該ディスプレーサを往復動させるガス圧駆動型のGMサイクル(ギフォード・マクマホン・サイクル)の膨張機で構成されている。

【0029】すなわち、予冷冷凍機(25)は上記クライオスタット(C)の外部に配置される密閉状のモータヘッド(26)と、該モータヘッド(26)に連設された大小2段構造のシリンダ(27)とを有する。上記モータヘッド(26)には高圧ガス入口(28)及び低圧ガス出口(29)が開口され、高圧ガス入口(28)は予冷側高圧配管(30)を介して上記GM冷凍機用圧縮機ユニット(1)の高圧ガス吐出口(3)つまり圧縮機(5)の吐出側に、また低圧ガス出口(29)は予冷側低圧配管(31)を介して同圧縮機ユニット(1)の低圧ガス吸入口(2)つまり圧縮機(5)の吸入側にそれぞれ接続されている。

【0030】一方、シリンダ(27)の先端部はクライオスタット(C)の壁部を貫通してその内部に延びており、その大径部の先端部は所定温度レベルに冷却保持される第1ヒートステーション(32)に、また小径部の先端部は上記第1ヒートステーション(32)よりも低い温度レベルに冷却保持される第2ヒートステーション(33)にそれぞれ形成されている。

【0031】すなわち、ここでは図示しないが、シリンダ(27)内には、上記各ヒートステーション(32)、(33)に対応する位置にそれぞれ膨張空間を区画形成するフリータイプのディスプレーサ(置換器)が往復動可能に嵌挿されている。一方、モータヘッド(26)内には、回転する毎に開閉するロータリバルブと、該ロータリバルブを駆動するバルブモータとが収容されている。ロータリバルブは、上記高圧ガス入口(28)

から流入したヘリウムガスをシリンダ(27)内の各膨張空間に供給し、又は各膨張空間内で膨張したヘリウムガスを低圧ガス出口(29)から排出するように切り換わる。また、モータヘッド(26)には、シリンダ(27)内の膨張空間に対しオリフィスを介して連通する中間圧室が設けられており、ロータリバルブの切換えにより膨張空間と中間圧室との間に圧力差を生じさせ、この圧力差によりディスプレーサを往復駆動するようにしている。そして、ロータリバルブの開閉により圧縮機ユニット(1)の圧縮機(5)からの高圧ヘリウムガスをシリンダ(27)内の各膨張空間でサイモン膨張させて、その膨張に伴う温度降下により極低温レベルの寒冷を発生させ、その寒冷をシリンダ(27)における第1及び第2ヒートステーション(32)、(33)にて保持する。つまり、予冷冷凍機(25)では、圧縮機(5)から吐出された高圧のヘリウムガスを断熱膨張させてヒートステーション(32)、(33)の温度を低下させ、JT冷凍機(36)における後述の予冷器(43)、(44)を予冷するとともに、膨張した中間圧のヘリウムガスを圧縮機(5)の吸入側に戻して再圧縮するようになされている。

【0032】一方、JT冷凍機(36)は、約4Kレベルの寒冷を発生させるためにヘリウムガスをジュールトムソン膨張させる冷凍機であって、この冷凍機(36)は上記クライオスタット(C)内に配置された第1～第4JT熱交換器(37)～(40)を備えている。この各JT熱交換器(37)～(40)は1次側及び2次側をそれぞれ通過するヘリウムガス間で互いに熱交換させるもので、第1JT熱交換器(37)の1次側は上記JT冷凍機用圧縮機ユニット(11)の高圧ガス吐出口(13)つまり高段圧縮機(16)の吐出側にJT側高圧配管(41)を介して接続されている。また、第1及び第2JT熱交換器(37)、(38)の各1次側同士は、上記予冷冷凍機(25)におけるシリンダ(27)の第1ヒートステーション(32)外周に配置した第1予冷器(43)を介して接続されている。

【0033】図1にも示すように、第2及び第3JT熱交換器(38)、(39)の各1次側同士は、第2ヒートステーション(33)外周に配置した第2予冷器(44)を介して接続されている。さらに、上記第3JT熱交換器(39)の1次側は、高圧のヘリウムガスをジュールトムソン膨張させる、前段目の絞り部としてのJT弁(45)に吸着器(46)を介して接続されている。上記JT弁(45)はクライオスタット(C)外側の常温から操作ロッド(45a)によって開度が調整される。このJT弁(45)は、第4JT熱交換器(40)の1次側に接続され、この第4JT熱交換器(40)の1次側は、上記JT弁(45)と同様に高圧ヘリウムガスを膨張させる、後段目の絞り部としての可動オリフィス(51)に吸着器(47)を介して接続されている。

さらに、この可動オリフィス(51)は液体ヘリウム戻し配管(48)を介して上記液体ヘリウムタンク(Th)内に連通されている。このヘリウムタンク(Th)内は、ヘリウムガス吸入配管(49)を介して上記第4JT熱交換器(40)の2次側に接続されている。そして、この第4JT熱交換器(40)の2次側は第3及び第2JT熱交換器(39)、(38)の各2次側を経て第1JT熱交換器(37)の2次側に接続され、この第1JT熱交換器(37)の2次側は低圧配管(42)を介してJT冷凍機用圧縮機ユニット(11)の低圧ガス吸入口(12)つまり低段圧縮機(15)の吸入側に接続されている。

【0034】上記可動オリフィス(51)は、入口側及び出口側間のヘリウムガス圧の差によりヘリウムガス流量を変化させるもので、図2に拡大詳示するように、内部に空間(53)を有する密閉円筒状のハウジング(52)を備えている。このハウジング(52)の壁部には、その長さ方向の一端にガス入口(54)が、また中間部にガス出口(55)がそれぞれ空間(53)に連通するように開口され、ガス入口(54)には、上記吸着器(47)を介して第4JT熱交換器(40)の1次側に連通する高圧側配管(50)が、またガス出口(55)には低圧側配管として上記液体ヘリウム戻し配管(48)がそれぞれ接続されている。すなわち、ハウジング(52)内の空間(53)は、ガス入口(54)からガス出口(55)に至るヘリウム流路の一部をなしている。

【0035】上記ハウジング(52)の内面においてガス入口(54)の周囲部は座面(56)(弁座)とされている。また、ハウジング(52)の空間(53)内にはオリフィス本体(57)が上記ガス入口(54)を開閉するように移動可能に配設されている。このオリフィス本体(57)は有底円筒状のもので、その開口端をガス入口(54)と反対側に向けた状態で配置され、その外側底面が上記座面(56)に当接したときにガス入口(54)が閉じられる。そして、このオリフィス本体(57)の底壁には小孔からなるオリフィス孔(58)が貫通形成されており、オリフィス本体(57)がガス入口(54)を閉じた状態では、ガス入口(54)と空間(53)内とがオリフィス孔(58)を介して連通されるようになっている。

【0036】また、ハウジング(52)の壁部には、その長さ方向の他端面の中心に有底の調整穴(60)が形成され、この調整穴(60)の底面中心にはハウジング(52)内の空間(53)まで貫通するねじ孔(61)が形成され、このねじ孔(61)には、ハウジング(52)の長さ方向に延びるばね力調整手段としてのばね受け(63)が螺動可能に支持され、このばね受け(63)の外端部にはドライバ等と係止可能な係止部(63a)が形成されている。一方、ばね受け(63)の内端

部はハウジング(52)内の空間(53)内に突出し、その突出部分と上記オリフィス本体(57)との間にはオリフィス本体(57)をガス入口(54)が閉じられる方向(座面56に着座する方向)に移動付勢するばね(64)が縮装されている。そして、上記ばね受け(63)を螺動させることで、上記ばね(64)の付勢力を変更してオリフィス本体(57)によるガス入口(54)の開度調整を可能とし、ばね受け(63)を図2で右側に螺動させたときには、オリフィス本体(57)に対するばね(64)の付勢力(押付け力)を小さくする一方、逆に図2で左側に螺動させたときには、オリフィス本体(57)に対するばね(64)の付勢力を大きくするようになっている。尚、このばね(64)の付勢力は、JT弁(45)を絞ったときにガス入口(54)及びガス出口(55)間のヘリウムガス差圧がオリフィス本体(57)に作用する力よりも大きく、かつJT弁(45)を全開状態にしたときにガス入口(54)及びガス出口(55)間のヘリウムガス差圧がオリフィス本体(57)に作用する力よりも小さい値に設定されている。

【0037】尚、図2中、(65)はハウジング(52)の調整穴(60)に螺合締結された蓋ボルト、(66)は該蓋ボルト(65)と調整穴(60)との間を極低温状態でもシール可能なメタルOリングである。

【0038】そして、このことで、上記JT冷凍機(36)はJT冷凍機用圧縮機ユニット(11)の両圧縮機(15)、(16)に対し高低圧配管(41)、(42)を介して直列に接続されたヘリウム回路(JT回路)をなし、そのヘリウム回路の一部が液体ヘリウム戻し配管(48)及びヘリウムガス吸入配管(49)を介してヘリウムタンク(Th)内に開放されており、このヘリウムタンク(Th)内で蒸発したヘリウムガスをガス吸入配管(49)からヘリウム回路に吸い込み、さらに第4～第1JT熱交換器(40)～(37)の各2次側を通して圧縮機ユニット(11)の低段圧縮機(15)、次いで高段圧縮機(16)にそれぞれ吸入して圧縮する。また、この高段圧縮機(16)により圧縮された高圧ヘリウムガスを第1～第4JT熱交換器(37)～(40)において、上記圧縮機ユニット(11)側に向かう低温低圧のヘリウムガスと熱交換させるとともに、第1及び第2予冷器(43)、(44)でそれぞれ予冷冷凍機(25)の第1及び第2ヒートステーション(32)、(33)で冷却(予冷)した後、JT弁(45)でジュールトムソン膨張させ、さらに可動オリフィス(51)で膨張させて約4Kの液状態のヘリウムとなし、この液体ヘリウムを液体ヘリウム戻し配管(48)を経由してタンク(Th)内に戻すようになされている。

【0039】次に、上記実施形態の作用について説明する。基本的には、GM冷凍機用圧縮機ユニット(1)の

圧縮機(5)から供給された高圧のヘリウムガスが予冷冷凍機(25)におけるシリンダ(27)内の各膨張空間で膨張し、このガスの膨張に伴う温度降下により第1ヒートステーション(32)が所定温度レベルに、また第2ヒートステーション(33)が第1ヒートステーション(32)よりも低い温度レベルにそれぞれ冷却される。膨張空間で膨張したヘリウムガスは圧縮機ユニット(1)に戻り、その圧縮機(5)に吸い込まれて再圧縮される。

【0040】一方、JT冷凍機用圧縮機ユニット(11)の高段圧縮機(16)から供給された高圧のヘリウムガスは、JT用高圧配管(41)を経由してJT冷凍機(36)の第1JT熱交換器(37)の1次側に入り、そこで圧縮機ユニット(11)側へ向かう2次側の低圧ヘリウムガスと熱交換されて常温300Kから例えば約50Kまで冷却され、その後、上記予冷冷凍機(25)の第1ヒートステーション(32)外周の第1予冷器(43)に入ってさらに冷却される。この冷却されたガスは第2JT熱交換器(38)の1次側に入って、同様に2次側の低圧ヘリウムガスとの熱交換により例えば約15Kまで冷却された後、予冷冷凍機(25)の第2ヒートステーション(33)外周の第2予冷器(44)に入ってさらに冷却される。この後、ガスは第3JT熱交換器(39)の1次側に入って2次側の低圧ヘリウムガスとの熱交換によりさらに冷却され、しかる後にJT弁(45)に至る。このJT弁(45)では高圧ヘリウムガスは絞られてジュールトムソン膨張する。さらに、この膨張後のガスは、第4JT熱交換器(40)の1次側に入って2次側の低圧ヘリウムガスとの熱交換によりさらに冷却された後に可動オリフィス(51)に流れ、この可動オリフィス(51)における主としてオリフィス本体(57)のオリフィス孔(58)で絞られて膨張する。このJT弁(45)及び可動オリフィス(51)での2段階の膨張によりヘリウムガスは約4Kの液状態のヘリウムとなり、この液体ヘリウムは液体ヘリウム戻し配管(48)を経由して液体ヘリウムタンク(Th)へ供給される。このヘリウムタンク(Th)内の液体ヘリウムにより冷却対象物が極低温レベルに冷却保持される。また、この液体ヘリウムタンク(Th)内で蒸発したヘリウムガスは、ヘリウムガス吸入配管(49)を介して第4JT熱交換器(40)の2次側に吸入され、さらに第3～第1JT熱交換器(39)～(37)の各2次側を経由して低段圧縮機(15)に吸い込まれて再圧縮される。

【0041】そして、ヘリウム冷凍機(R)が運転開始されるときには、上記1段目の絞り部としてのJT弁(45)の開度がクライオスタット(C)外側の常温部から操作ロッド(45a)によって全開状態に調整される。すると、2段目の絞り部としての可動オリフィス(51)においては、そのハウジング(52)のガス入

口(54)とガス出口(55)(空間(53))とのヘリウムガス圧の差が大きくなるので、このヘリウムガスの差圧の増大によりオリフィス本体(57)がばね(64)の付勢力に抗して図2右側に移動してガス入口(54)が開き、ガス入口(54)及びガス出口(55)間のヘリウムガスの差圧とばね(64)の閉じ付勢力とが釣り合った状態が保たれる。この状態では、ガス入口(54)のヘリウムガスは、オリフィス本体(57)のオリフィス孔(58)のみならず、オリフィス本体(57)と開かれたガス入口(54)周囲の座面(56)との間の間隙をも通って空間(53)内に流れる。この結果、JT冷凍機(36)でのヘリウムガスの流量が増加し、ヘリウム冷凍機(R)のクールダウンまでの時間を短縮することができる。

【0042】その後、ヘリウム冷凍機(R)がクールダウン状態になると、上記JT弁(45)の開度が常温部から操作ロッド(45a)によって小さく調整される。このことで、可動オリフィス(51)においては、そのハウジング(52)のガス入口(54)とガス出口(55)とのヘリウムガス圧の差が小さくなるので、オリフィス本体(57)がばね(64)の付勢力により図2左側に移動してガス入口(54)が閉じる。この状態では、ガス入口(54)のヘリウムガスはオリフィス本体(57)のオリフィス孔(58)のみを経て空間(53)内に流れ、JT冷凍機(36)でのヘリウムガスの流量が減少してJT弁(45)の開度に対応した適正流量になる。

【0043】したがって、この実施形態では、JT冷凍機(36)において高圧ヘリウムガスを2段階に膨張させるとき、ヘリウムガス温度の高い側である1段目がJT弁(45)である一方、低い側である2段目が可動オリフィス(51)であるので、上記ガス温度の高い側である1段目に常温部から開度調整可能なJT弁(45)を用いても、そのJT弁(45)で常温部からの熱侵入の影響は小さく、よって冷凍機(R)の極低温部分に対する常温部からの熱侵入を低減させることができる。

【0044】また、上記JT冷凍機(36)のヘリウム回路に接続される2段目の絞り部として開度調整可能な可動オリフィス(51)が設けられているので、製造時に埃等のコンタミネーションがJT冷凍機(36)のヘリウム回路内に混入していても、可動オリフィス(51)のガス入口(54)に高圧のヘリウムガスを作用させるだけで、そのコンタミネーションを容易に除去することができ、コンタミネーションによる詰まりを防止することができる。

【0045】さらに、上記可動オリフィス(51)におけるばね(64)によるオリフィス本体(57)の開度調整が可能であるので、ばね(64)の付勢力を容易に適正値に調整することができる。

【0046】(実施形態2)図4は本発明の実施形態2

を示し(尚、図1～図3と同じ部分については同じ符号を付してその詳細な説明は省略する)、上記実施形態1では、第1～第4の4つのJT熱交換器(37)～(40)を配設し、第3JT熱交換器(39)と第4JT熱交換器(40)との間にJT弁(45)を接続しているのに対し、第1～第3の3つのJT熱交換器(37)～(39')を設け、そのうちの最下流側にある第3JT熱交換器(39')内部にJT弁(45)を接続したものである。

【0047】すなわち、この実施形態では、図4に示すように、第3JT熱交換器(39')内部の1次側の途中にJT弁(45)が直列に接続されている。そして、上記実施形態1における第4JT熱交換器(40)はなく、上記第3JT熱交換器(39')の1次側と液体ヘリウム(Th)との間、つまり第3JT熱交換器(39')の下流側に直列に可動オリフィス(51)が接続されている。その他の構成は上記実施形態1と同じである。したがって、この実施形態でも、実施形態1と同様の作用効果を奏することができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明の極低温冷凍機によると、高圧の冷媒ガスを絞り部により少なくとも前後2段階に膨張させて極低温レベルの寒冷を発生させる場合に、前段目の絞り部は常温部から開度調整可能なJT弁で、また後段目の絞り部は、入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差により冷媒ガス流量を変化させる可動オリフィスでそれぞれ構成したことにより、冷媒ガス温度が後段目の絞り部よりも高い前段目の絞り部に常温部から開度調整可能なJT弁を用いて、冷凍機の極低温部に対する常温部からの熱侵入の低減を図ることができるとともに、極低温冷凍機の運転開始時にJT弁の開度を全開状態にすれば、可動オリフィスにおいて入口側及び出口側間の冷媒ガス圧の差の増大により可動オリフィスの開度を大きくして冷媒ガスの流量を増加でき、クールダウンまでの時間の短縮を図ることができる。さらには、製造時に埃等のコンタミネーションが混入していても、そのコンタミネーションを容易に除去して、絞り部の詰まりを防止することができる。

【0049】請求項2の発明では、膨張前後の冷媒ガス同士を熱交換する2つのJT熱交換器が直列に接続されている回路構成に対し、JT弁は2つのJT熱交換器の間に直列に接続し、可動オリフィスは下流側JT熱交換器の下流側に直列に接続した。また、請求項3の発明では、JT弁は、膨張前後の冷媒ガス同士を熱交換する1つのJT熱交換器の内部に直列に接続し、可動オリフィスはJT熱交換器の下流側に直列に接続した。従って、これら発明によると、上記発明を適用するのに好適な複数段階膨張方式の極低温冷凍機が具体的に容易に得られ

る。

【0050】請求項4の発明によると、可動オリフィスは、高圧側配管に接続されるガス入口及び低圧側配管に接続されるガス出口を有するハウジングと、このハウジングのガス入口を開閉するように移動可能に設けられ、オリフィス孔を有するオリフィス本体と、このオリフィス本体をガス入口が閉じられる方向に移動付勢するばねとを備えてなる構成としたことにより、可動オリフィスの具体的な構成を容易に得ることができる。

【0051】請求項5の発明によると、ばねによるオリフィス本体の開度調整を可能としたことにより、ばねの付勢力を容易に適正值に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係る極低温冷凍機の要部を示す冷媒回路図である。

【図2】可動オリフィスの構造を示す拡大断面図である。

【図3】極低温冷凍機の全体構成を示す冷媒回路図である。

【図4】本発明の実施形態2を示す図1相当図である。

【図5】1段階膨張方式の極低温冷凍機の要部を示す図1相当図である。

【図6】従来の2段階膨張方式の極低温冷凍機の要部を示す図1相当図である。

【図7】ヘリウム冷凍機でのヘリウムについてのP-h線図である。

【符号の説明】

(R) ヘリウム冷凍機(極低温冷凍機)

(5), (15), (16) 圧縮機

(24) 冷凍機ユニット

(25) 予冷冷凍機

(32), (33) ヒートステーション

(36) JT冷凍機

(37)～(40) JT熱交換器

(45) JT弁

(45a) 操作ロッド

(48) 液体ヘリウム戻し配管(低圧側配管)

(50) 高圧側配管

(51) 可動オリフィス

(52) ハウジング

(54) ガス入口

(55) ガス出口

(57) オリフィス本体

(58) オリフィス孔

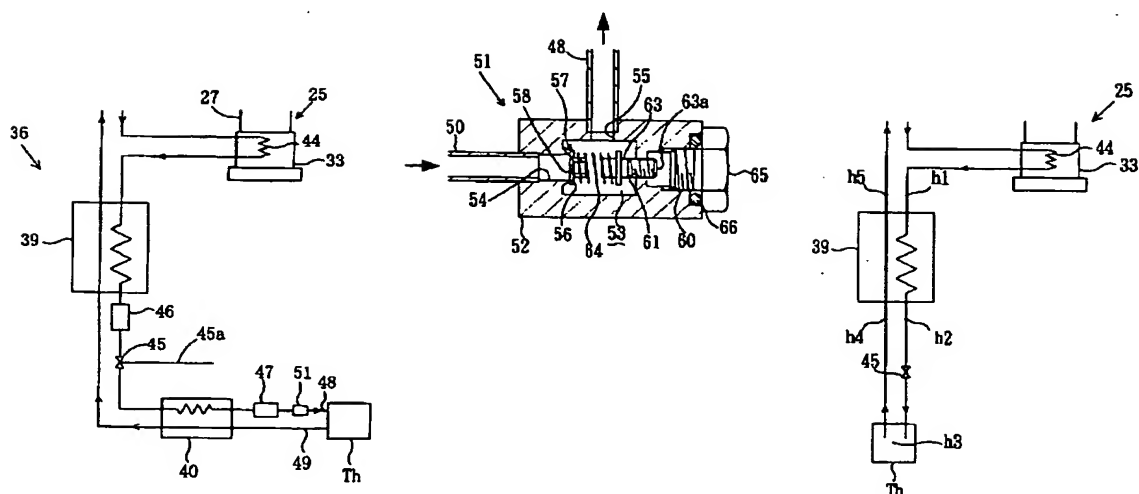
(63) ばね受け(ばね力調整手段)

(64) ばね

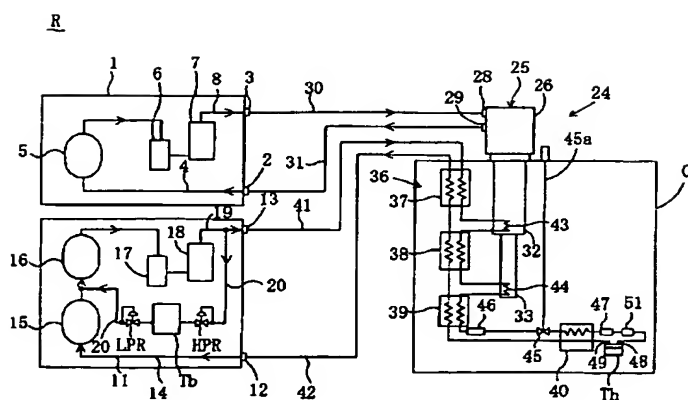
(C) クライオスタット

(Th) 液体ヘリウムタンク

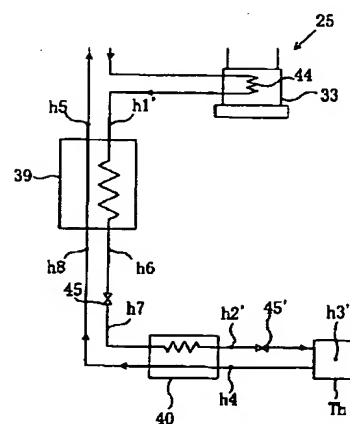
【図5】



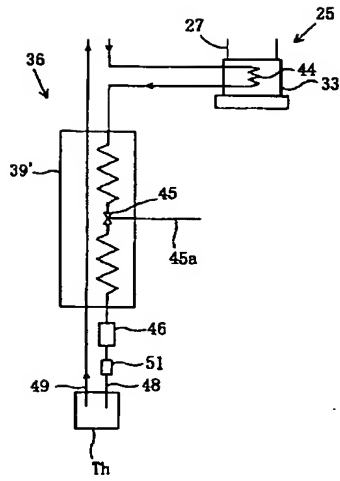
【图3】



【図6】



【図4】



【図7】

